

## بررسی شیوه‌های مختلف کشتار ماهی کپور نقره‌ای (*Hypophthalmichthys molitrix*) بر کیفیت و ماندگاری آن طی دوره نگهداری در یخچال

عاطفه مسلمی اجارستاقی<sup>۱</sup>، مهران مسلمی<sup>۲\*</sup>، سهیل ایگدیری<sup>۳</sup>، سید ولی حسینی<sup>۳</sup>، روزبه عابدی<sup>۱</sup>

۱. دانشجو آموخته کارشناسی ارشد فراآوری محصولات شیلاتی، موسسه آموزش عالی تجن، قائمشهر، ایران.

۲. استادیار گروه شیلات، واحد جویبار، دانشگاه آزاد اسلامی، جویبار، ایران.

۳. دانشیار گروه شیلات، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران.

تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۹/۶ تاریخ تصویب: ۱۳۹۶/۱۲/۹

### چکیده

در این پژوهش جهت بررسی تأثیر شیوه‌های مختلف کشتار بر کیفیت و ماندگاری ماهی کپور نقره‌ای طی نگهداری در یخچال (۴ درجه سانتی‌گراد)، ماهی‌ها به سه روش کشتار گردیدند؛ گروه اول صید با تور دستی و نگهداری به طور مستقیم در یخ خرد شده و کشتار پس از بیهوشی کامل با ضربه به سر، گروه دوم صید با تور دستی و قطع کمان‌های آبششی با قیچی و گروه سوم (گروه شاهد) کشتار در معرض هوای آزاد/خارج از آب (خفگی). جهت ارزیابی مولفه‌های کیفی گوشت، نمونه‌برداری در دوره‌های زمانی صفر، ۳، ۶، ۹ و ۱۲ روز پس از مرگ انجام شد. سپس نمونه‌ها از نظر تغییرات برخی از شاخص‌های کیفی نظیر سفتی/سختی بافت، رنگ، ظرفیت نگهداری آب و مجموع ترکیبات ازت<sup>۱</sup> فرار مورد بررسی قرار گرفتند. نتایج نشان داد که اثر تیمارهای اعمال شده و زمان نگهداری بر مقدار سختی بافت معنی‌دار بود ( $P < 0.05$ ). نتایج رنگ‌سنجی ماهیان اختلافات معنی‌داری را بین تیمارها در طول زمان نشان داد. مقدار ظرفیت نگهداری آب در تیمارهای مختلف اعمال شده و در زمان‌های مختلف دارای اختلاف معنی‌داری بود ( $P < 0.05$ ). همچنین بر اساس نتایج، تغییرات مجموع ترکیبات ازت<sup>۱</sup> فرار در ماهی‌های کشتار شده با روش‌های مختلف معنی‌داری بود. نتایج نشان داد که با توجه به اثرات شیوه کشتار بر کیفیت ماهی کپور نقره‌ای در طی دوره نگهداری، کشتار این ماهی به روش قطع کمان آبششی (خونگیری) برای این ماهی پیشنهاد می‌گردد.

واژگان کلیدی: کیفیت ماهی، ماندگاری، شیوه کشتار، کپور نقره‌ای.

## ۱. مقدمه

ماهی یکی از منابع مهم پروتئین حیوانی در اکثر مناطق دنیا بوده و به‌طور گسترده‌ای به‌عنوان یک منبع مهم پروتئین و سایر عناصر شناخته شده است. ماهیان به سبب دارا بودن پروتئین‌هایی با ارزش تغذیه‌ای بالا و همچنین مقادیر درخور ملاحظه ویتامین و مواد معدنی اهمیت بسیار زیادی در رژیم غذایی انسان دارند (APHA, 2001). از این‌رو، در دهه‌های اخیر به سبب رویکرد عمومی به مصرف غذاهای حاصل از منابع آبی و در پی آشکار شدن اهمیت طبی و نقش آن‌ها در پیش‌گیری و درمان بسیاری از بیماری‌ها و همچنین، به سبب افزایش جمعیت، مصرف آبزیان در حال افزایش است. با وجود این، در صورت نگهداری نامناسب، کیفیت و ارزش تغذیه‌ای گوشت آن‌ها به سرعت کاهش می‌یابد (Bahmani et al., 2011).

استفاده از روش مناسب کشتار جهت حفظ کیفیت ماهی برای مصارف انسانی امری اجتناب‌ناپذیر است. وجود استرس و داشتن فعالیت زیاد قبل و هنگام مرگ بر کیفیت نهایی فرآورده تأثیر گذار است و هر چه ماهی قبل از مرگ آرام‌تر باشد، سرعت نزول کیفیت نهایی آن کندتر و زمان ماندگاری آن افزایش خواهد یافت (Van de Vis et al., 2003). تحقیقات نشان داده است که روشی که برای کشتار ماهیان مورد استفاده قرار می‌گیرد، بر روی ویژگی‌های فیزیکی و حسی آن موثر است (Roth et al., 2010). در صنعت آبی‌پروری جهت کاهش استرس وارده هنگام مرگ و بهبود کیفیت گوشت ماهی از روش‌های متنوعی برای کشتار سریع یا بی‌هوشی استفاده می‌شود (EFSA, 2009). از جمله مهم‌ترین روش‌های بی‌هوشی و کشتار ماهیان می‌توان به ضربه به سر با چکش، الکتریسیته، خون‌گیری، استفاده از مواد بی‌هوش و آرام‌کننده، انتقال ماهی به محیطی با دمای پائین و بی‌هوشی با گاز دی‌اکسید کربن اشاره نمود (EFSA, 2009). در همین خصوص اثر روش‌های مختلف کشتار (روش‌های خون-گیری و یخ‌گذاری) بر خصوصیات کیفی گوشت ماهی کپور معمولی توسط شعبانپور و همکاران (۲۰۱۲) مورد بررسی قرار گرفته است (Shabanpour et al., 2012).

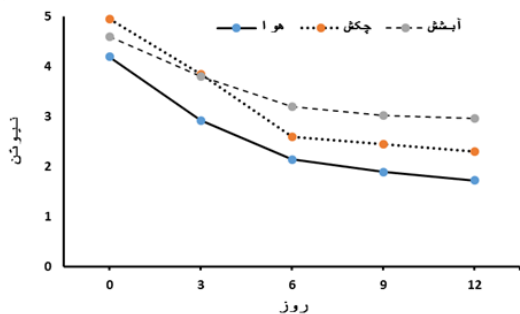
در بین گونه‌های متفاوت پرورشی در ایران، کپور

نقره‌ای (*Hypophthalmichthys molitrix*) یکی از مهم‌ترین ماهیان گرم‌آبی ایران است که اغلب ۵۰ تا ۵۸ درصد ترکیب در سیستم کشت توأم ماهیان گرم-آبی را به خود اختصاص می‌دهد. ماهی کپور نقره‌ای به سبب رشد سریع، مقاومت در برابر تنش، بیماری‌ها و دارا بودن ۱۵ تا ۱۸ درصد پروتئین با ارزش تغذیه‌ای بالا، رنگ سفید گوشت و قیمت پایین، به‌عنوان گونه‌ای اصلی به‌طور وسیع در سیستم پرورش چند گونه‌ای ماهیان آب شیرین جهان استفاده می‌گردد (Luo et al., 2008). نظر به آن‌که تاکنون پژوهشی در خصوص روش‌های متفاوت کشتار بر کیفیت این گونه مهم و اقتصادی از ماهیان پرورشی ایران، صورت نگرفته است، پژوهش حاضر بنا دارد با بررسی شیوه‌های مختلف کشتار، اثرات آن را بر ماهی مذکور بررسی نماید و مناسب‌ترین روش کشتار را برای این ماهی به صنعت آبی‌پروران گرم‌آبی پیشنهاد کند.

## ۲. مواد و روش‌ها

### ۲.۱. تهیه ماهی و تیمارها

در این تحقیق تعداد ۶۰ عدد ماهی کپور نقره‌ای هم‌سن به صورت تصادفی با میانگین وزن  $950 \pm 100$  گرم از استخرهای پرورش ماهیان گرمابی صید (۲۴ ساعت قبل از اعمال صید، غذادهی ماهیان قطع گردید) و بعد از اعمال سه روش کشتار (ضربه به سر با چکش، قطع کمان آبششی و هوای آزاد) به آزمایشگاه فرآوری آبزیان (گروه شیلات) دانشگاه تهران منتقل و پس از شستشو با آب سرد، در یخچال (دمای ۴ درجه سانتی‌گراد) نگهداری شد (به مدت ۱۲ روز). در این تحقیق شاخص‌های کیفی مورد نظر نظیر مجموع ترکیبات ازته کل (TVB-N) براساس روش Kontominas و Goulas (۲۰۰۵)، سختی/سفتی بافت (Hardness) به‌صورت دستگاهی و با استفاده از دستگاه آنالیز بافت (Brookfield, USD) با لودسل ۱۰ کیلوگرمی و با سرعت ۲ متر بر ثانیه و ۳۰ درصد فشردگی بر نمونه مورد سنجش قرار گرفتند. رنگ نمونه‌ها از طریق ارزیابی شاخص‌های هانتر  $L^*$ ،  $b^*$  و  $a^*$  و با استفاده از دستگاه رنگ‌سنج مورد سنجش قرار گرفت (Pavlidis et al., 2006). اندازه‌گیری ظرفیت نگهداری آب (WHC) به روش وزنه و با استفاده از قرار



شکل ۲ - تغییرات مقادیر سفتی (سختی) بافت (نیوتون بر گرم) در کپور ماهی نقره‌ای کشتار شده به روش‌های مختلف (کشتار با ضربه چکش، کشتار با قطع کمان آبششی و کشتار در هوا/خفه‌گی) طی دوازده روز نگه‌داری در یخچال (دمای  $4 \pm 0.5$  درجه سانتی‌گراد).

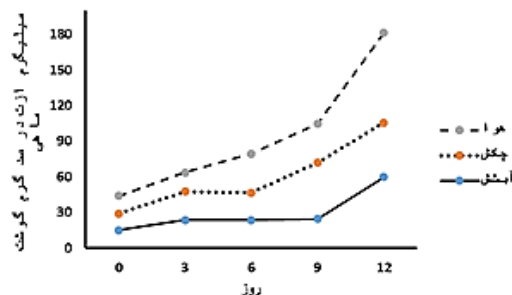
صعودی داشت و این روند تا روز ۱۲ نگه‌داری مشهود بود. به طوری که در روز ۱۲ نگه‌داری بین تیمارها از نظر میزان این شاخص اختلاف معنی‌داری وجود داشت و کمترین مقدار TVB-N در تیمار کشتار با روش قطع کمان آبششی و بیشترین مقدار آن در تیمار کشتار با نگه‌داری در هوا (روش خفگی) مشاهده گردید ( $P < 0.05$ ).

### ۱.۳. سفتی بافت

بر اساس نتایج اثر تیمارهای اعمال شده و زمان نگه‌داری بر مقدار سفتی (سختی) بافت معنی‌دار بود ( $P < 0.05$ ). در شروع آزمایش، به ترتیب بیشترین میزان سفتی در تیمارهای کشتار با ضربه به سر توسط چکش و کشتار با قطع کمان آبششی و کشتار به روش خفگی (نگه‌داری در خارج از آب) مشاهده شد (شکل ۲). اما در انتهای دوره آزمایش (روز دوازده نگه‌داری) بیشترین میزان سفتی بافت در تیمار کشتار با قطع کمان آبششی و کمترین میزان آن هم در تیمار کشتار هوای آزاد مشاهده شد ( $P < 0.05$ ).

### ۲.۳. سنجش رنگ

نتایج رنگ سنجی ماهیان، اختلافات معنی‌داری را بین تیمارها در طول زمان نشان داد ( $P < 0.05$ ). میزان روشنایی بافت (L) در طول زمان در کلیه تیمارها کاهش یافت (شکل ۳). بیشترین میزان روشنایی در روز صفر در تیمار کشتار با روش قطع کمان آبششی و کمترین میزان آن در روز دوازده نگه‌داری، در تیمار کشتار در هوا (خفگی) مشاهده



شکل ۱ - تغییرات مقادیر ترکیبات ازته فرار (میلی‌گرم نیتروزن در ۱۰۰ گرم از گوشت ماهی) در کپور ماهی نقره‌ای کشتار شده به روش‌های مختلف (کشتار با ضربه چکش، کشتار با قطع کمان آبششی و کشتار در هوا/خفه‌گی) طی دوازده روز نگه‌داری در یخچال (دمای  $4 \pm 0.5$  درجه سانتی‌گراد).

دادن یک قطعه گوشت به وزن ۱ تا ۲ گرم بین دو کاغذ صافی تحت تأثیر وزنه با وزن ۲ کیلوگرم، انجام گردید (Suvanich et al., 2000).

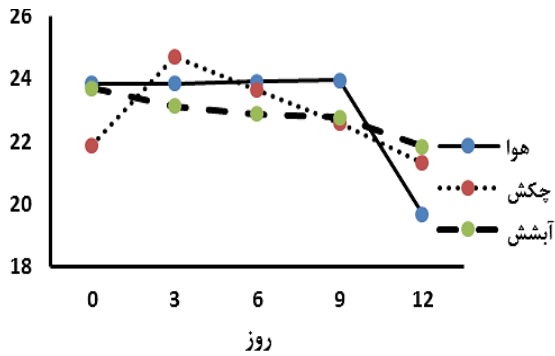
## ۲.۲. تجزیه تحلیل آماری

جهت ارزیابی نرمال بودن داده‌ها، ابتدا داده‌ها با آزمون کولموگروف اسمیرنوف مورد بررسی قرار گرفته و سپس مورد آنالیز واریانس دو طرفه قرار گرفتند. برای بررسی اختلاف‌های آماری بین فاکتورهای کیفی گوشت در طول زمان، روش‌های کشتار و زمان به طور مجزا مورد پژوهش قرار گرفت. جهت مقایسه میانگین‌ها در زمان‌های مختلف نمونه‌گیری و در بین تیمارهای مختلف از آزمون دانکن در سطح  $0.05$  استفاده گردید. آنالیز آماری در این تحقیق با استفاده از نرم افزار آماری SPSS انجام و جداول و نمودارها هم به وسیله نرم‌افزار Excel<sup>MST</sup>2007 ترسیم شدند.

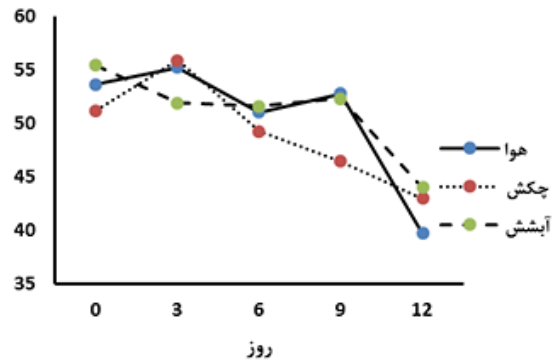
## ۳. نتایج

### ۱.۳. مجموع ترکیبات ازته فرار

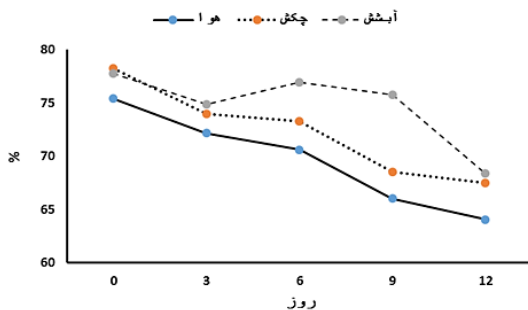
بر اساس نتایج، مقدار ترکیبات ازته فرار در اولین روز آنالیز در نمونه ماهی‌های کشتار شده با روش‌های خفگی و کشتار با قطع کمان آبششی برابر با  $14/93$  و در تیمار کشتار با ضربه به سر توسط چکش،  $14$  میلی‌گرم ازت در صد گرم گوشت ماهی بود (شکل ۱). با گذشت زمان، مقدار ترکیبات ازته فرار روند



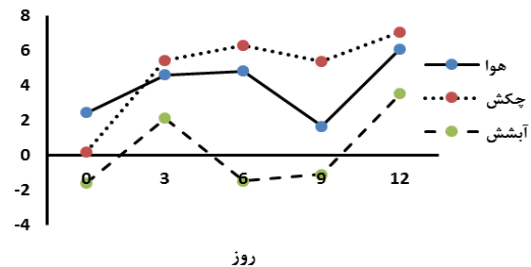
شکل ۵ - تغییرات شاخص  $L^*$  (بیان گر رنگ زرد تا آبی در مختصات محور رنگ) در ارزیابی رنگ کپور ماهی نقره-ای کشتار شده به روش‌های مختلف (کشتار با ضربه چکش، کشتار با قطع کمان آبششی و کشتار در هوا/خفه-گی) طی دوازده روز نگهداری در یخچال (دمای  $4 \pm 0.5$  درجه سانتی‌گراد).



شکل ۳ - تغییرات شاخص  $L$  (بیان گر مقدار روشنایی) در ارزیابی رنگ کپور ماهی نقره‌ای کشتار شده به روش‌های مختلف (کشتار با ضربه چکش، کشتار با قطع کمان آبششی و کشتار در هوا/خفه‌گی) طی دوازده روز نگهداری در یخچال (دمای  $4 \pm 0.5$  درجه سانتی‌گراد).



شکل ۶ - تغییرات مقادیر ظرفیت نگهداری آب (برحسب درصد) در کپور ماهی نقره‌ای کشتار شده به روش‌های مختلف (کشتار با ضربه چکش، کشتار با قطع کمان آبششی و کشتار در هوا/خفه‌گی) طی دوازده روز نگهداری در یخچال (دمای  $4 \pm 0.5$  درجه سانتی‌گراد).



شکل ۴ - تغییرات شاخص  $a^*$  (بیان گر رنگ قرمز تا سبز در مختصات محور رنگ) در ارزیابی رنگ کپور ماهی نقره-ای کشتار شده به روش‌های مختلف (کشتار با ضربه چکش، کشتار با قطع کمان آبششی و کشتار در هوا/خفه-گی) طی دوازده روز نگهداری در یخچال (دمای  $4 \pm 0.5$  درجه سانتی‌گراد).

بود ( $P < 0.05$ ). کمترین مقدار WHC در (Water holding capacity) تیمار کشتار در هوا و بیشترین مقدار آن در تیمار کشتار با قطع کمان آبششی در طی روزهای نگهداری مشاهده شد (شکل ۶). بیشترین میانگین آب اندازه‌گیری شده در همه تیمارها در روز صفر نگهداری و کمترین مقدار در تیمار کشتار در هوا و در روز ۱۲ مشاهده شد. همچنین تیمارهای کشتار در هوا، کشتار با ضربه به سر توسط چکش و تیمار کشتار با قطع کمان آبششی، به ترتیب بیشترین مقدار از دست دادن آب را در طی زمان نگهداری از خود نشان دادند.

#### ۴. بحث و نتیجه گیری

##### ۴.۱.۴. مجموع ترکیبات ازتة فرار (TVB-N)

TVB-N عمدتاً از تری متیل آمین، دی متیل

گردید (شکل ۳). به‌علاوه در خصوص سایر شاخص‌های رنگ‌سنجی ( $a^*$  و  $b^*$ )، نیز در بین تیمارهای مختلف تفاوت معنی‌داری مشاهده گردید ( $P < 0.05$ ). بر اساس داده‌های به دست آمده کمترین میزان شاخص  $a^*$  در تیمار کشتار با روش قطع کمان آبششی و در روز صفر و بیشترین میزان آن در تیمار کشتار با روش ضربه به سر توسط چکش مشاهده شد (شکل ۴). همچنین کمترین میزان شاخص  $b^*$  تغییر ناموزنی را در بین تیمارها و همچنین در طی روزهای متفاوت نگهداری به نمایش گذاشت (شکل ۵).

##### ۳.۳. ظرفیت نگهداری آب

بر اساس نتایج، مقدار ظرفیت نگهداری آب اندازه‌گیری شده در تیمارهای مختلف و همچنین در زمان‌های مختلف نگهداری دارای اختلاف معنی‌داری

این پژوهش با نتایج بررسی‌های Vidya و همکاران (۱۹۹۶) همسو است. به‌طور کلی سختی بافت ماهیان بر اثر تخریب پروتئین‌ها (Vidya et al., 1996) است که می‌توان با بهینه‌سازی روش‌های کشتار از تخریب بیشتر بافت و در نهایت افت تغذیه‌ای فرآورده نهایی جلوگیری به‌عمل آورد.

#### ۳.۴.۳. سنجش رنگ

رنگ گوشت از جمله مولفه‌های موثر بر بازار پسندی ماهی است (Gatica et al., 2008). تغییرات رنگ بافت ماهی از نشانه‌های افت کیفی فرآورده محسوب می‌شود، به‌طوری‌که با گذشت زمان و افزایش دما، شدت این تغییرات افزایش می‌یابد. تغییرات بیشتر در طول زمان منجر به افت سریع‌تر کیفیت فرآورده می‌گردد. گرچه مقایسه اثرات استرس قبل از کشتار بر ویژگی‌های رنگ سنجی ماهی کپور نقره‌ای با دیگر گونه‌ها کار دشواری است، اما Erikson و همکاران (۲۰۰۸)، تغییرات رنگ گوشت و پوست ماهی آزاد اقیانوس اطلس را تحت تأثیر استرس قبل از مرگ، جمود نعشی و یخ‌گذاری بررسی کردند. در پژوهش مذکور مشاهده شد که رنگ پوست ماهیان در ناحیه پشتی بدن ۷ روز پس از نگهداری کاهش یافت، که مطابق نتایج این تحقیق بود. همچنین نتایج رنگ سنجی گوشت در این پژوهش هم‌سو با نتایج Sattari و همکاران (۲۰۱۰) بود. نتایج رنگ سنجی در شاخص  $a^*$  برای تیمار کشتار با قطع کمان آبششی نسبت به دیگر ویژگی‌های رنگ سنجی گوشت متفاوت بود. این اختلاف با توجه به خروج خون از ماهیان مورد بررسی در این تیمار قابل توجیح است.

#### ۱.۴. ظرفیت نگهداری آب

اندازه‌گیری رطوبت تحت فشار روشی جهت اندازه‌گیری ظرفیت نگهداری آب توسط بافت ماهی است. کاهش مقدار WHC ماهیچه اغلب در نتیجه تغییرات ساختاری در ماهیچه است که بعد از مرگ رخ می‌دهد. کاهش ظرفیت نگهداری آب در نمونه‌ها به علت دناتوره شدن پروتئین‌ها و در نتیجه آزاد کردن مقدار قابل توجهی از رطوبت بافت بروز می‌یابد (Bligh and Duclos-Rendell, 1986). اندازه‌گیری

آمین، آمونیاک و ترکیبات فرار دیگر نیتروژن تشکیل شده است. این ترکیبات در اثر فعالیت آنزیم‌ها و میکروبی‌های پروتئولیتیک و تجزیه پروتئین‌ها و ترکیبات ازت غیرپروتئینی به وجود می‌آیند. از آنجایی که افزایش مقادیر TVB-N با فساد باکتریایی و فعالیت آنزیم‌های درونی گوشت ماهی در ارتباط است، این شاخص به‌طور گسترده برای ارزیابی کیفی فرآورده‌های دریایی طی دوره نگهداری مورد استفاده قرار می‌گیرد (Gram and Varelziz et al., 1997; Huss, 1996). بنابراین در پژوهش حاضر از این شاخص برای ارزیابی کیفیت کپور نقره‌ای طی دوران نگهداری استفاده شد. از طرفی دیگر نتایج نشان م‌داد که بین این شاخص و میزان pH اندازه‌گیری شده (داده‌های منتشر نشده) ارتباط مستقیمی وجود دارد. با افزایش میزان TVB-N میزان pH گوشت نیز افزایش یافته است. مقدار TVB-N عضله، با افزایش زمان نگهداری، افزایش یافت که این افزایش در نتیجه اثر آنزیم‌ها و فعالیت باکتریایی است (Howgate and Oerez, 1999). همان‌طوری‌که بیان شد، مهمترین دلیل افزایش این فاکتور در طول مدت نگهداری را می‌توان با افزایش بار میکروبی گوشت در ارتباط دانست (Gram and Huss, 1996). پژوهش‌های مشابه بر روی ماهی *Merluccius merluccius* نشان داد که مقدار TVB-N عضله، با افزایش زمان نگهداری، افزایش می‌یابد.

#### ۲.۴. سنجش بافت (سختی)

بین شرایط قبل از مرگ ماهی و استرس وارد شده هنگام مرگ، با شرایط فیزیولوژیک بدن ارتباط نزدیکی وجود دارد (Morzel et al., 2002). ماهی‌هایی که قبل از مرگ تحت استرس شدیدی قرار می‌گیرند، به دلیل پاسخ‌های استرسی شامل تغییرات هورمونی، بیوشیمیایی، به‌هم خوردن تعادل یونی خون و تغییرات در مقدار ذخائر انرژی بدن نهایتاً منجر به افت کیفیت گوشت ماهی می‌شود (Taylor et al., 2002). Kiessling و همکاران (۲۰۰۴) بیان داشتند که علاوه بر تغییرات بیوشیمیایی عضله پس از مرگ، آسیب‌های وارد شده بر عضله ماهی هنگام تقلاب ممکن است سبب کاهش ویژگی‌های کیفی ماهی شود. نتایج

فرآورده نهایی می‌گردد.

نتایج این پژوهش نشان دادند که روش‌های مختلف کشتار، بر کیفیت گوشت ماهی کپور نقره‌ای تأثیر قابل ملاحظه‌ای دارند که این تأثیرات از طریق تفاوت در شاخص‌های مورد بررسی (سختی بافت، رنگ گوشت، ظرفیت نگهداری آب، pH و سطح بازهای ازته فرار) به وضوح نشان داده شد. با توجه به نتایج این بررسی، تأثیر تیمارها در روزهای مختلف بر کیفیت ماهی در طول مدت نگهداری متفاوت بود. نظر به نتایج حاصل از آنالیزهای مختلف، ماهیان کشتار با قطع کمان آبششی بهترین کیفیت را داشتند و سرعت نزول کیفیت در ماهیان کشتار در هوا (کشتار در خارج از آب/خفگی) بالاتر از سایر روش‌های کشتار بوده است.

مقدار آب موجود در عضلات (گوشت) به‌عنوان یکی از فاکتورهای کیفی فساد در پژوهش‌های بسیاری از محققان (Ben-Gigiri *et al.*, 1999; Suvanich *et al.*, 2002; Fagan *et al.*, 2000) آورده شده است. در پژوهش Morkore و همکاران (۲۰۰۸) بیان شد که تغییرات pH عامل اصلی افت کیفی عضله هم-چون کاهش ظرفیت نگهداری آب و افزایش مقدار آبجک عضله پس از مرگ است. کاهش pH عضله پس از مرگ بر جنبه‌های فیزیکی گوشت تأثیر می‌گذارد. مقدار pH پایین سبب غیرطبیعی شدن و کاهش ظرفیت نگهداری آب عضله می‌گردد. کاهش ظرفیت آب عضلات منجر به کاهش وزن، افزایش تغییرات اکسیداسیونی، تغییرات رنگ و در نتیجه افت کیفیت

## References

- APHA. 2001. Compendium of methods for the microbiological examination of foods 4<sup>th</sup> ed, Washington DC., American Public Health Association.
- Bahmani, Z., Rezai, M., Hosseini, S.V., Regenstein, J.M., Böhme, K., Alishahi, A., Yadollahi, F. 2011. Chilled storage of golden gray mullet (*Liza aurata*). *LWT - Food Science and Technology*, 44, 1894-1900.
- Bligh, E.G., Duclos-Rendell, R., 1986. Chemical and physical characteristics of lightly salted minced cod (*Gadues morhua*). *Journal of Food Science*, 51:76-78.
- EFSA, 2004. The welfare of animals during transport Suffering. <http://www.efsa.europa.eu>.
- EFSA. 2009. Scientific opinion of the panel on animal health and welfare on a request from the European commission on species-specific welfare aspects of the main systems of stunning and killing of farmed rainbow trout. *EFSA Journal*, 1013, 1-55.
- Erikson, U., Misimi, E., 2008. Atlantic salmon skin and fillet color changes effected by perimortem handling stress, rigor mortis, and ice storage. *Journal of Food Science*, 73, 50-59.
- Fagan, J.D., Gormley, T.R., Uí Mhuircheartaigh, M.M., 2002. Freeze-chill technology for raw whiting and mackerel fillets. *Farm and Food*, 12, 14-17.
- Gatica, M.C., Monti, G., Gallo, C., Knowles, T.G., Warris, P.D., 2008. Effects of well-boat transportation on the muscle pH and onset of rigor mortis in Atlantic salmon. *Veterinary Record*, 163, 111-116.
- Goulas, A.E., Kontominas, M.G., 2005. Effect of salting and smoking-method on the keeping quality of chub mackarel (*Scomber japonicus*): biochemical and sensory attributes. *Food Chemistry*, 93, 511-550.
- Gram, L., Huss, H.H. 1996. Microbiological spoilage of fish and fish products. *Indian Journal of Food Microbiology*, 33, 121-137.
- Kiessling, A., Espe, M., Ruohonen, K., Morkore, T., 2004. Texture, gaping and colour of fresh and frozen Atlantic salmon flesh as affected by pre-slaughter iso-eugenol or CO<sub>2</sub> anaesthesia. *Aquaculture*, 236, 645-657.
- Luo, V.K., Kuwahara, R., Kaneniwa, M., Murata, Y., Yokoyama, M., 2008. Comparison of gel properties of surimi from Alaska Pollack and three freshwater fish species: Effects of thermal processing and protein concentration. *Journal of food Engineering and Physical Properties*, 66, 548-554.
- Mørkøre, T., Pablo, I., Mazo, T., Tahirovic, T., Einen, O., 2008. Impact of starvation and handling stress on rigor development and quality of Atlantic salmon (*Salmon salar*). *Aquaculture*, 277, 231-238.
- Morzel, M., Sohler, D., Van de Vis, H., 2002. Evaluation of slaughtering methods for turbot with respect to animal welfare and flesh quality. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 82, 19-28.
- Pavlidis, M., Papandroulakis, N., Divanach, P., 2006. A method for the comparison of chromaticity parameters in fish skin: Preliminary results for coloration pattern of red skin Sparidae. *Aquaculture*, 258, 211-219.
- Perez, V.B., Howgate, P., 1999. Deterioration of European hake (*Merluccius merluccius*) during frozen storage). *Journal of Science of Food and Agriculture*, 55, 455-470.
- Roth, B., Nortvedt, R., Slinde, E., Foss, A., Grimsbø, E., Stien, L.H. 2010. Electrical stimulation of Atlantic salmon muscle and the effect on flesh quality. *Aquaculture*, 301, 85-90.

- Sattari, A., Lambooji, E., Shari, H., Abbink, W., Reimert, H., Van de Vis, J.W. 2010. Industrial dry electro-stunning followed by chilling and decapitation as a slaughter method in Claresse® (*Heteroclaris* sp.) and African catfish (*Clarias gariepinus*). *Aquaculture*, 302, 100-105.
- Shabanpour, B., Rahmani, K., Shabani, A., 2012. Evaluation of post mortem flesh quality attributes in common carp (*Cyprinus carpio* L.) slaughtered by exsanguination and hypothermia methods. *Journal of Food Science and Technology*, 36(9), 21-31.
- Suvanich, V., Jahncke, M.L., Marshall, D.L., 2000. Changes in selected chemical quality characteristic of channel catfish frame mince during chill and frozen storage. *Journal of Food Science*, 65, 24-29.
- Taylor R.G., Fjæra S.O., Skjervold P.O., 2002. Salmon fillet texture is determined by myofiber–myofiber and myofiber–myocommata attachment. *Journal of Food Science*, 67, 2067-2071.
- Vareltzis, K., Koufidis, D., Gavriilidou, E., Papavergou, E., Vasiliadou, S., 1997. Effectiveness of a natural Rosemary (*Rosmarinus officinalis*) extract on the stability of filleted and minced fish during frozen storage. *Springer*, 205, 93-96.